

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК: 637.1

Удосконалення розрахунків суміші молока і закваски у виробництві кумису за рахунок виведених формул на основі методу «квадрат Пірсона»**Нагорний С.А.¹ , Чалий О.І.¹ , Криворучко Ю.І.¹ ,
Склярєнко О.В.¹ , Косенко С.Ю.² , Слинько В.Г.³ **¹ Державний біотехнологічний університет² Одеський державний аграрний університет³ Полтавський державний аграрний університет

Нагорний С.А. E-mail: Nagornij1971@ukr.net



Нагорний С.А., Чалий О.І., Криворучко Ю.І., Склярєнко О.В., Косенко С.Ю., Слинько В.Г. Удосконалення розрахунків суміші молока і закваски у виробництві кумису за рахунок виведених формул на основі методу «квадрат Пірсона». Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 2. С. 101–110.

Nahorni S., Chalyi O., Kryvoruchko Yu., Sklyarenko O., Kosenko S., Slynyko V. Improvement of the technological calculations in dairy industry based on the “Pearson square” method. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 2. PP. 101–110.

Рукопис отримано: 27.03.2025 р.

Прийнято: 09.04.2025 р.

Затверджено до друку: 2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-198-2-101-110

Молочне конярство в Україні не є основним джерелом молока і молочних продуктів в Україні, хоча поживна і лікувальна дія кобиллячого молока на організм людини відома з давніх часів. Основним продуктом, виготовленим із молока кобил є кумис – спиртово-молочнокислий напій, який за рахунок свого хімічного складу позитивно впливає на організм людини. Технологічний процес приготування кумису полягає у змішуванні робочої закваски зі свіжесодним молоком кобил, яке потребує досить чіткого дозування цих компонентів за кислотністю та температурного режиму, з подальшим вимішуванням, охолодженням та коркуванням готової суміші, тому метою цієї роботи була апробація існуючих методик розрахунку змішуваних компонентів за кислотністю методом технологічного квадрату та розроблення нових із використанням методу квадрата Пірсона. За використання методу технологічного квадрата вихідні дані розташовуються горизонтально і, розраховуючи різницю кислотності між молоком та закваскою, враховуючи заплановану кислотність суміші, від більшого значення віднімається менше, а розрахунки проводяться в різних напрямках. У результаті з’являється пропорція, розділена вертикальною рискою, у разі обчислення якої отримаємо кількість закваски певної кислотності, яку слід додати до молока кобил. Використовуючи метод квадрату Пірсона, отримано аналогічні результати, що підтверджує його ефективність для обчислення кількості закваски певної кислотності, яку слід додати до молока кобил. Використовуючи цей метод, отримали як формулу визначення необхідної кількості закваски, яку необхідно додати до певної кількості молока, залежно від їх кислотності, для отримання суміші запланованої кислотності, так і пояснення існуючої формули визначення температури, до якої слід підігрівати молоко. Крім того, вивели формули для розрахунку співвідношення кількості молока і закваски, залежно від їх початкової кислотності і температури, до запланованої кислотності і температури суміші під час виробництва кумису. Перевірка виведених формул підтвердила їх ефективність, тому вони можуть бути запропоновані і рекомендовані для використання у господарствах не тільки з виробництва кумису, а й на підприємствах молочної промисловості.

Ключові слова: закваска, молоко кобил, кумис, кислотність, температура, квадрат Пірсона.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. З давніх часів людство використовує молоко кобил для виготовлення спиртово-молочнокислого напою кумису, який добре засвоюється організмом людини, має дієтичні і лікувальні властивості. У молоці кобил в 1,5 раза більше молочного цукру, ніж у коров'ячому молоці. Це надає йому солодкувато-терпкого присмаку і сприяє кисломолочному та спиртовому бродінню під час приготування кумису. Жиру в молоці менше, ніж у коров'ячому, проте в ньому є ліноленова, лінолева та арахідонова жирні кислоти, які запобігають розвитку туберкульозних бактерій. Завдяки дрібному розміру жирових кульок і низькій температурі плавлення (20–26 °C) жир кобилячого молока легко всмоктується у кишківнику. Кумис готують методом зброджування молока кобил спеціальними заквасками молочно-кислих бактерій і молочних дріжджів. У процесі бродіння хімічний склад молока змінюється: зменшується вміст цукру, накопичується молочна кислота, вуглекислий газ, спирт, ароматичні та інші речовини [1, 2, 3, 4].

В Україні молочне конярство представлено одиничними кумисними фермами у Полтавській та Луганській областях, які поєднують отримання молока кобил і виробництво кумису з м'ясною, або племінною спеціалізацією галузі [5].

Єдиним значущим ферментованим продуктом із кобилячого молока, доступним на ринку, є кумис, який широко вживають передусім через його лікувальну та поживну цінність [6, 7, 8, 9].

Молоко, призначене для виробництва кумису, повинно мати кислотність не вище 7 °T. Після внесення закваски в молоко суміш має бути 50–60 °T за кислотності закваски в межах 120–140 °T, а температура культивування активної виробничої закваски має бути 26–28 °C. [10].

На практиці співвідношення молока і закваски до запланованої кислотності визначають методом технологічного квадрату [11], який потребує часу та навичок для виконання обчислень, тому важливо спростити розрахунки співвідношення молока і закваски до запланованих показників одержаної суміші за кількістю, кислотністю та температурою, зокрема за рахунок виведених формул на основі методу квадрата Пірсона. Метод названо на честь англійського математика, статистика, біолога та філософа, одного із засновників математичної статистики [12].

Метод квадрату Пірсона широко використовують під час розрахунку раціонів [13, 14, 15, 16]. Він дає змогу визначити співвідношення кормів, а також балансу двох основних показників раціону для багатокомпонентних кормових сумішей [17]. Крім того, цей метод використовують під час заготівлі силосу для розрахунку співвідношення маси культур залежно від їх вологості [18], під час нормалізації молока за жиром, під час виробництва ковбас, купажування алкогольних напоїв, тобто будь-де, де необхідно розрахувати кількість двох компонентів, які потрібно змішати разом, щоб отримати кінцеву заплановану концентрацію [19, 20, 21].

Мета дослідження. Вивести формули для розрахунку співвідношення кількості молока і закваски, залежно від їх початкової кислотності і температури, до запланованої кислотності і температури суміші під час виробництва кумису для спрощення обчислень.

Матеріали і методи дослідження. Розрахунки співвідношення молока і закваски в суміші до потрібної кислотності визначали за методом «технологічного квадрату» та з використанням методу квадрату Пірсона, який використали також для розрахунків початкової температури молока і закваски до необхідної температури суміші.

Сутність методу квадрата Пірсона полягає в тому, що в центрі квадрата ставиться запланована розрахункова одиниця, а у верхніх його кутах – фактичні вихідні параметри (кислотності, температури та ін.). Від чисел у верхніх кутах квадрату по діагоналі віднімають значення, що знаходиться в центрі квадрата, а результати виставляють в його нижніх кутах. Модульні значення результатів дорівнюватимуть кількості частин молока і закваски в їх суміші.

В подальшому отримують пропорцію, яку розглядають у загальному вигляді і з якої виводять формулу для розв'язання певної задачі.

Результати дослідження та обговорення. Приклад 1: необхідно заквасити 20 л молока, кислотністю 5 °T, із закваскою 130 °T до запланованої кислотності 60 °T. Скільки необхідно додати закваски?

За використання методу технологічного квадрату вихідні дані розташовуються горизонтально і, розраховуючи різницю кислотності між молоком та закваскою, враховуючи заплановану кислотність суміші, від більшого значення віднімається менше, причому розрахунки проводяться в різних напрямках. У результаті пропорція, розділена вертикальною рискою (рис. 1).

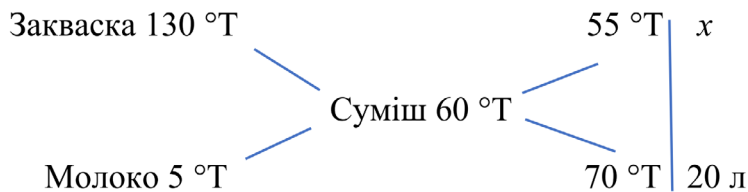


Рис. 1. Розрахунок необхідної кількості закваски до наявної кількості молока для отримання суміші запланованої кислотності методом технологічного квадрату.

Розрахунок проводиться шляхом віднімання від більшого значення меншого ($130 - 60 = 70$; $60 - 5 = 55$), а результати записуються по діагоналі у верхньому та нижньому кутах квадрату. Оскільки визначаємо кількість закваски, то за вертикальною лінією приймаємо її за x , а кількість молока, яку необхідно заквасити, також розміщуємо за вертикальною лінією, де і з'являється пропорція:

$$\begin{aligned} 55^\circ\text{T} - x \text{ л} \\ 70^\circ\text{T} - 20 \text{ л} \end{aligned}$$

$$\text{Звідси } x = \frac{55 \times 20}{70} = 15,7 \text{ л:}$$

У разі використання методу квадрата Пірсона в його середину поміщаємо бажану кислотність суміші, а у верхніх кутах – кислотність молока і закваски (рис. 2). Від чисел у верхніх кутах квадрату по діагоналі віднімаємо значення, що знаходиться в центрі квадрату, а результати виставляємо в його нижніх кутах. Модулі значень дорівнюватимуть кількості частин молока і закваски в їх суміші.

Обчислення: $5 - 60 = -55$; $130 - 60 = 70$.

В подальшому використовуємо модулі від'ємних чисел: $|-55| = 55$. Відношення кількості молока до кількості закваски складає $70:55$. Скоротивши відношення на 5, становить $14:11$.

Відношення кількості молока до кількості закваски можна знайти через їх кількість у суміші в літрах: $20:x$.

Оскільки ці два відношення характеризують одну і ту саму величину (відношення кількості молока до кількості закваски), між ними можна поставити знак « $\Rightarrow$ » і розв'язати одержану пропорцію: $14:11 = 20:x$.

Скориставшись основною властивістю пропорції (добуток крайніх членів дорівнює добутку середніх), маємо $14 \times x = 11 \times 20$; $14 \times x = 220$.

$$x = 220:14 = 15,7 \text{ літрів.}$$

Перевіримо правильність розрахунків: візьмемо 20 л молока кислотністю 5°T та

15,7 л закваски кислотністю 130°T . Кислотність суміші позначимо як $x^\circ\text{T}$. Розрахунки виконаємо аналогічно за допомогою Квадрата Пірсона (рис. 3).

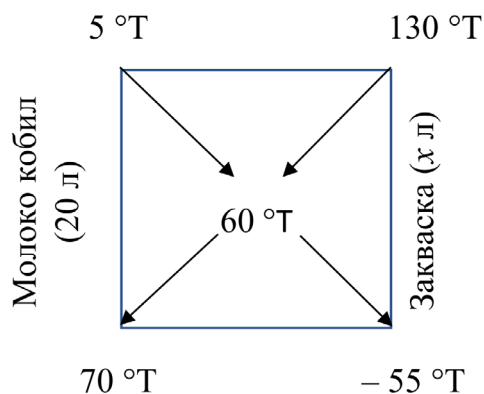


Рис. 2. Розрахунок необхідної кількості закваски до наявної кількості молока для отримання суміші запланованої кислотності методом квадрату Пірсона.

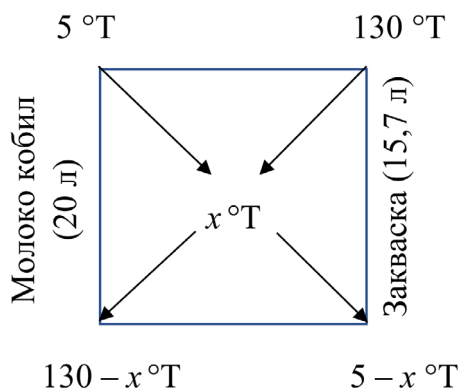


Рис. 3. Розрахунок кислотності суміші молока і закваски залежно від їх кількості і кислотності методом квадрату Пірсона.

Оскільки x більше 5°T , то $5 - x$ буде від'ємним числом $|5 - x| = x - 5$.

Складаємо пропорцію: $(130 - x) : (x - 5) = 20:15,7$.

За основною властивістю пропорції $(130-x) \times 15,7 = (x-5) \times 20$.

Звідси: $2041 - 15,7x = 20x - 100$; $2041 + 100 = 20x + 15,7x$; $35,7x = 2141$; $x = 2141 : 35,7 = 59,97 \approx 60$ °Т.

Таким чином, одержана суміш має кислотність 60 °Т.

Отже, співвідношення молока і закваски в суміші потрібної кислотності можна визначити за методами «технологічного квадрату» та «квадрату Пірсона». Обидва методи ефективні.

Використовуючи квадрат Пірсона (рис. 4), виведемо формулу визначення кількості закваски, яку необхідно додати до певної кількості молока для отримання суміші запланованої кислотності. Розглянемо завдання у загальному вигляді. Позначимо: $З$ – кількість закваски, л; $М$ – кількість молока, л; $Кз$ – кислотність закваски, °Т; $Км$ – кислотність молока, °Т; $Кс$ – кислотність суміші, °Т. Розрахунки виконаємо аналогічно числовій задачі:

Маємо пропорцію:

$$(Кз - Кс) : (Кс - Км) = М : З.$$

Звідси: $З \times (Кз - Кс) = М \times (Кс - Км)$.

Отримаємо формулу визначення кількості закваски, яку необхідно додати до певної кількості молока:

$$З = \frac{М \times (Кс - Км)}{Кз - Кс} \quad (1)$$

Ефективність отриманої формули перевіримо на попередніх вихідних даних.

$$З = \frac{20 \times (60 - 5)}{130 - 60} = \frac{20 \times 55}{70} = 15,7 \text{ л}$$

Отримані однакові результати свідчать про дієвість виведеної формули.

Для визначення температури, до якої слід підігріти молоко, користуються формулою:

$$Тм = \frac{(З \times Тс - З \times Тз) + М \times Тм}{М}, \quad (2)$$

де $Тм$ – температура молока; $З$ – кількість закваски, л; $Тс$ – температура суміші, °С; $Тз$ – температура закваски, °С; $М$ – кількість молока, л [17].

Розрахуємо температуру 20 л молока, яка повинна бути у разі внесення 15,7 л закваски температурою 4 °С, щоб температура суміші становила 26 °С. Скористаємося існуючою формулою:

$$Тм = \frac{(15,7 \times 26 - 15,7 \times 4) + 20 \times 26}{20} = \frac{408,2 - 62,8 + 520}{20} = \frac{408,2 - 62,8 + 520}{20} = 43 \text{ °С}.$$

Для виконання того самого завдання скористаємося методом квадрату Пірсона (рис. 5). Температуру молока, якою вона повинна бути, приймемо за x °С.

Обчислення: $4 \text{ °С} - 26 \text{ °С} = -22 \text{ °С}$; $|-22 \text{ °С}| = 22 \text{ °С}$.

Температура молока x °С, більша за температуру суміші,

тому $x \text{ °С} - 26 \text{ °С} > 0 \text{ °С}$, $|x \text{ °С} - 26 \text{ °С}| = x \text{ °С} - 26 \text{ °С}$.

Маємо пропорцію:

$$(x - 26) : 22 = 15,7 : 20. \text{ Звідси: } (x - 26) \times 20 = 22 \times 15,7; 20x - 520 = 345,4;$$

$$20x = 345,4 + 520; 20x = 865,4; x = 865,4 : 20 = 43 \text{ °С}.$$

Таким чином, обидва застосовані вище підходи є ефективними.

Використовуючи квадрат Пірсона, можна пояснити виведення формули визначення температури, до якої слід підігріти молоко, де: $Тм$ – температура молока; $З$ – кількість закваски, л; $Тс$ – температура суміші, °С; $Тз$ – температура закваски, °С; $М$ – кількість молока, л (рис. 6).

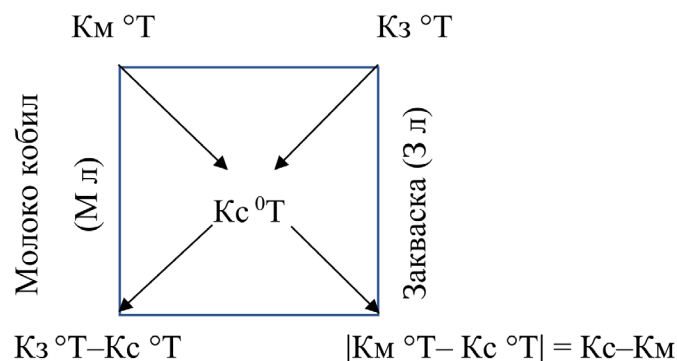


Рис. 4. Виведення формули розрахунку необхідної кількості закваски до наявної кількості молока залежно від їх кислотності з використанням квадрату Пірсона.

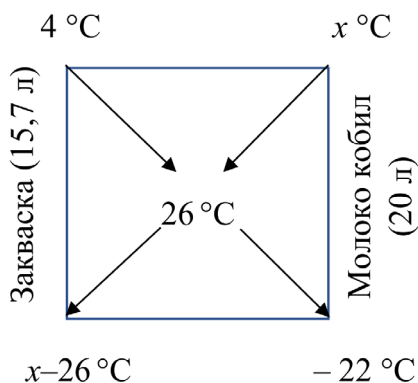


Рис. 5. Розрахунок температури наявної кількості молока для отримання суміші запланованої температури з урахуванням кількості і температури закваски методом квадрату Пірсона.

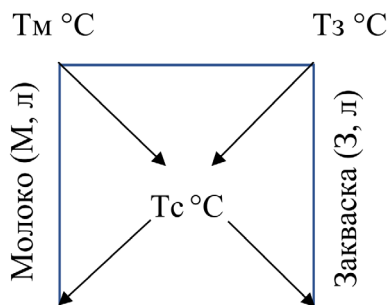
Приклад 2: маємо 4 л закваски кислотністю 130 °Т. Визначити кількість молока, кислотністю 5 °Т, для отримання суміші кислотністю 70 °Т.

Для розрахунків скористаємося квадратом Пірсона. В середині квадрата зазначимо бажану кислотність суміші – 70 °Т, а у лівому верхньому куті – кислотність молока, яка становить 5 °Т, а посередині сторони його кількість – x л. У верхньому правому куті – кислотність закваски 130 °Т, а посередині сторони – її кількість 4 л (рис. 7).

Обчислення виконуємо шляхом віднімання за стрілками квадрата:

$$5^{\circ}\text{T} - 70^{\circ}\text{T} = -65^{\circ}\text{T}; 130^{\circ}\text{T} - 70^{\circ}\text{T} = 60^{\circ}\text{T}.$$

Різницю записуємо у відповідності в нижніх кутах квадрата. Модулі цих чисел 60 і 65 показують співвідношення кількості молока і кількості закваски, тобто 60:65. Водночас це співвідношення дорівнює x л:4 л.



$$|T_z^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C}| = T_c^{\circ}\text{C} - T_z^{\circ}\text{C}$$

$$T_m^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C}$$

Рис. 6. Виведення формули розрахунку температури наявної кількості молока для одержання суміші запланованої температури залежно від кількості і температури закваски.

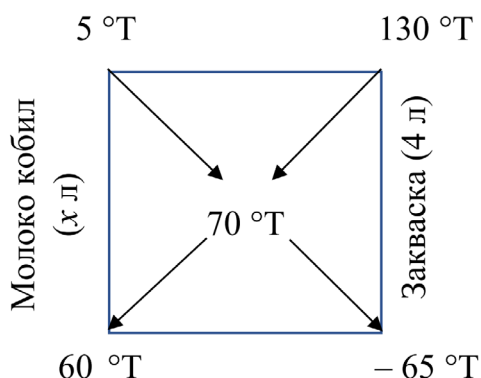


Рис. 7. Розрахунок необхідної кількості молока певної кислотності для отримання суміші запланованої кислотності залежно від кількості і кислотності закваски методом квадрату Пірсона.

Обчислення:
температура молока вища за температуру суміші,

тоді $T_m^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C} > 0^{\circ}\text{C}$, $|T_m^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C}| = T_m^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C}$;

температура закваски менша температури суміші,

тому $T_z^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C} < 0^{\circ}\text{C}$, $|T_z^{\circ}\text{C} - T_c^{\circ}\text{C}| = T_c^{\circ}\text{C} - T_z^{\circ}\text{C}$.

Маємо пропорцію:

$$(T_c - T_z) : (T_m - T_c) = M : 3.$$

Звідси:

$$M \times (T_m - T_c) = 3 \times (T_c - T_z); M \times T_m - M \times T_c = 3 \times (T_c - T_z);$$

$$M \times T_m = 3 \times (T_c - T_z) + M \times T_c.$$

Маємо формулу:

$$T_m = \frac{3 \times (T_c - T_z) + M \times T_c}{M}; T_m = \frac{(3 \times T_c - 3 \times T_z) + M \times T_c}{M}; (3)$$

Як видно із розрахунків, формула збігається із запропонованою, і, можливо, була виведена саме на основі квадрату Пірсона.

Маємо пропорцію: $60:65 = x \text{ л}:4 \text{ л}$.
Звідси $65 \times x = 60 \times 4$; $65x = 240$; $x = 240:65 = 3,7 \text{ л}$.

Отже, для отримання суміші молока і закваски 70°T необхідно до 4 л закваски кислотністю 130° додати 3,7 л молока кислотністю 5°T .

Перевірка отриманих результатів: маємо 3,7 л молока, кислотністю 5°T , 4 л закваски кислотністю 130°T . Визначимо кислотність суміші, яку позначимо як x . Розрахунки виконаємо аналогічно за допомогою квадрата Пірсона (рис. 8).

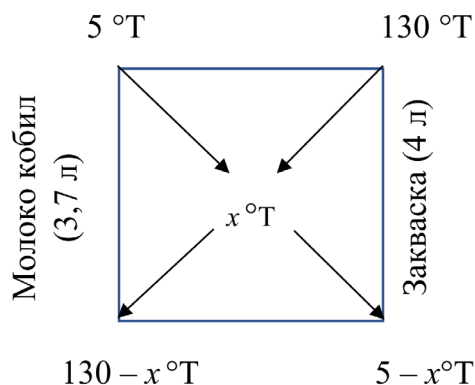


Рис. 8. Розрахунок кислотності суміші молока і закваски залежно від їх кількості та кислотності методом квадрату Пірсона.

Оскільки $5 < x$, то $5 - x < 0$, тоді $|5 - x| = x - 5$.
Звідси $(130 - x) : (x - 5) = 3,7:4$;

$(130 - x) \times 4 = (x - 5) \times 3,7$; $520 - 4x = 3,7x - 18,5$;
 $-4x - 3,7x = -18,5 - 520$; $-7,7x = -538,5$; $7,7x = 538,5$;

$x = 538,5:7,7 = 69,93 \approx 70^\circ\text{T}$.

Отже, якщо до 4 л закваски кислотністю 130°T додати 3,7 л молока, кислотністю 5°T , одержимо 7,7 л суміші (4 л + 3,7 л) кислотністю 70°T .

Використовуючи квадрат Пірсона (рис. 9), виведемо формулу визначення кількості молока, яку необхідно додати до певної кількості закваски. Розглянемо завдання у загальному вигляді.

Позначимо: $З$ – кількість закваски, л; $М$ – кількість молока, л; $Кз$ – кислотність закваски, $^\circ\text{T}$; $Км$ – кислотність молока, $^\circ\text{T}$; $Кс$ – кислотність суміші, $^\circ\text{T}$. Розрахунки виконаємо аналогічно числовій задачі:

Маємо пропорцію:

$$(Кз - Кс) : (Кс - Км) = М : З.$$

Звідси: $З \times (Кз - Кс) = М \times (Кс - Км)$.

Отримаємо формулу визначення кількості молока, яку необхідно додати до певної кількості закваски:

$$М = \frac{З \times (Кз - Кс)}{Кс - Км}; \quad (4)$$

Ефективність отриманої формули перевіримо на попередніх вихідних даних і розрахуємо кількість молока кислотністю 5°T , яку необхідно додати до 4 л закваски кислотністю 130°T , для отримання суміші кислотністю 70°T :

$$М = \frac{4 \times (130 - 70)}{70 - 5} = \frac{4 \times 60}{65} = 3,7 \text{ л}$$

Отримані однакові результати свідчать про релевантність виведеної формули.

Використовуючи квадрат Пірсона (рис. 10), виведемо формулу визначення необхідної кількості молока та закваски для отримання певної кількості суміші запланованої кислотності. Розглянемо завдання у загальному вигляді. Позначимо: $З$ – кількість закваски, л; $М$ – кількість молока, л; $Кз$ – кислотність закваски, $^\circ\text{T}$; $Км$ – кислотність молока, $^\circ\text{T}$; $Кс$ – кислотність суміші, $^\circ\text{T}$; $С$ – кількість суміші. Розрахунки виконаємо аналогічно числовій задачі:

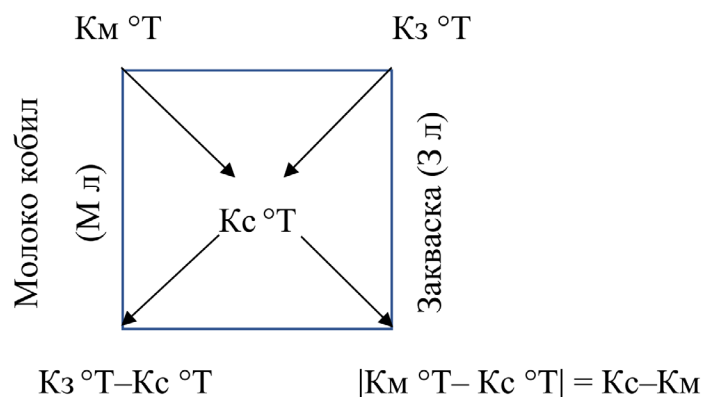


Рис. 9. Виведення формули розрахунку необхідної кількості молока для отримання суміші запланованої кислотності залежно від наявної кількості і кислотності закваски.

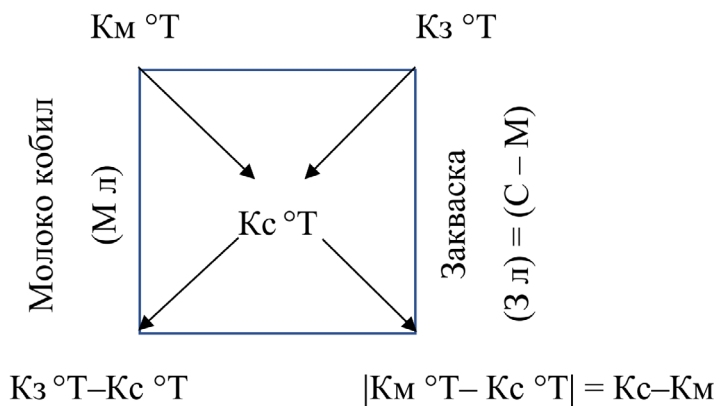


Рис. 10. Виведення формули розрахунку необхідної кількості молока для отримання суміші запланованої кількості і кислотності.

Якщо молока M л, тоді закваски буде: $З = С - М$. Маємо пропорцію:

$$\begin{aligned} (K_z - K_c) : (K_c - K_m) &= M : (C - M). \text{ Звідси:} \\ (C - M) \times (K_z - K_c) &= M \times (K_c - K_m); \\ C \times (K_z - K_c) - M \times (K_z - K_c) &= M \times (K_c - K_m); \\ C \times (K_z - K_c) &= M \times (K_z - K_c) + M \times (K_c - K_m); \\ C \times (K_z - K_c) &= M \times (K_z - K_c + K_c - K_m). \end{aligned}$$

Отримаємо формулу визначення необхідної кількості молока:

$$M = \frac{C \times (K_z - K_c)}{K_z - K_m} \quad (5)$$

Виведемо формулу для визначення кількості закваски:

$$\begin{aligned} З &= C - M = C - \frac{C \times (K_z - K_c)}{K_z - K_m} = \\ \frac{C \times (K_z - K_m) - C \times (K_z - K_c)}{K_z - K_m} &= \frac{C \times (K_z - K_m - K_z + K_c)}{K_z - K_m} = \\ &= \frac{C \times (K_c - K_m)}{K_z - K_m}. \end{aligned}$$

Отримаємо формулу визначення кількості закваски:

$$З = \frac{C \times (K_c - K_m)}{K_z - K_m} \quad (6)$$

Релевантність отриманих формул перевіримо на попередніх вихідних даних.

$$M = \frac{20 \times (130 - 65)}{130 - 5} = \frac{20 \times 65}{125} = 10,4 \text{ л} - \text{необхідна кількість молока кислотністю } 5^\circ\text{T} \text{ для отримання } 20 \text{ л суміші кислотністю } 65^\circ\text{T}.$$

$$З = \frac{20 \times (65 - 5)}{130 - 5} = \frac{20 \times 60}{125} = 9,6 \text{ л} - \text{необхідна кількість закваски кислотністю } 130^\circ\text{T} \text{ для отримання } 20 \text{ л суміші кислотністю } 65^\circ\text{T}.$$

Загальна кількість суміші становить 20 л (10,4 л молока + 9,6 л закваски).

Таким чином, результати розрахунків співвідношення кількості молока і закваски, залежно від їх початкової кислотності і температури, до запланованої кислотності суміші як за методом технологічного квадрату, так і методом квадрата Пірсона збігаються, що свідчить про ефективність застосованих методів. Використання виведених формул значно спрощує технологічні розрахунки.

Висновки.

Метод квадрату Пірсона дає змогу точно розрахувати співвідношення між кількістю молока і кількістю закваски для отримання запланованої кислотності суміші під час виробництва кумису. Крім того, цей метод уможливорює точні обчислення співвідношення суміші молока і закваски залежно від їх температури.

Використання методу дає змогу вивести формули розрахунків співвідношення кількості молока і закваски, залежно від їх початкової кислотності і температури, до запланованої кислотності і температури суміші під час виробництва кумису. Виведені формули можуть бути рекомендовані для використання у господарствах не тільки з виробництва кумису, а й на підприємствах молочної промисловості, що значно спрощує розрахунки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пешук Л.В. Характеристика молока кобил та кумису. Молочна справа. 2006. № 5. С. 30–31. URL: <http://surl.li/kproego> (дата звернення: 11.04.2025).
2. Baibokonov D., Yang Y., Tang Y., Hossain Md.S. Understanding the traditional mares'

milk industry's transformation into a creative industry: Empirical evidence from Kazakhstan. *Growth and Change*. 2021. Vol. 52 (2). P. 605–1196. DOI:10.1111/grow.12478

3. Czyżak-Runowska G., Wójtowski J., Stanisławski D. Mare's Milk from a Small Polish Specialized Farm—Basic Chemical Composition, Fatty Acid Profile, and Healthy Lipid Indices. *Animals*. 2021. Vol. 11 (6). 1590 p. DOI:10.3390/ani11061590

4. Jastrzębska E., Wadas E., Daszkiewicz T., Pietrzak-Fiećko R. Nutritional value and health-promoting properties of mare's milk – a review. *Czech J. Anim. Sci.* 2017. Vol. 62. P. 511–518. DOI:10.17221/61/2016-CJAS

5. Нагорний С. А., Косенко С. Ю. Технологія утримання статево-вікових груп коней кумисної ферми і доїння кобил. Біоінтенсивні та SMART-технології у тваринництві: матеріали II міжнар. наук.-практ.ї конф. НПП та молодих науковців. Одеса, 2023. С. 65–68.

6. Fantuz F., Salimei E., Papademas P. Macro- and Micronutrients in Non-cow Milk and Products and Their Impact on Human Health (Chapter 9). Fantuz F., Salimei E., Papademas P. *Non-Bovine Milk and Milk Products*. 2016. P. 209–261. DOI:10.1016/C2014-0-04073-7

7. Effects of Koumiss on Intestinal Immune Modulation in Immunosuppressed Rats / Q. Li et al. *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9. DOI:10.3389/fnut.2022.765499

8. Equine milk and its potential use in the human diet / I.M.L.G. Barreto et al. *Food Sci. Technol.* 2019. Vol. 39 (1). P. 1–7. DOI:10.1590/fst.11218

9. ДСТУ 8080:2015 Кумис. Технічні умови. Чинний від 01.01.2017. URL:https://salo.li/8DEF1ea (дата звернення: 11.04.2025).

10. Пабат В.О., Гончаренко І.В. Технологія виробництва та переробки молока кобил: практ. посіб. Київ: Ліра-К, 2019. 190 с.

11. Kiladi M., Cain J. Karl Pearson's (1857–1936) patterns of publishing. *Notes Rec.* 2024. Vol. 79. P. 217–230. DOI:10.1098/rsnr.2024.0022

12. Ward S.H. Simple Ration Formulation: Pearson's Square. Extension Service of Mississippi State University. Publication. 2010. 2632. URL:https://salo.li/2D1b35a (date of application: 11.04.2025)

13. Ration Formulation using the «Pearson Squar». *Manading Livestock in Dry Times*. URL:https://salo.li/62E5f18 (date of application: 11.04.2025).

14. Wagner J., Stanton T.L. Rations calculation using Pearson's square – 1.618. *Colorado State Universiti*. URL:https://salo.li/A1A7EB2 (date of application: 11.04.2025)

15. Mavromichalis I. Formulating feed using the Pearson Square method. *FeedStrategy*. 2020. URL:https://salo.li/CFdB12d (date of application: 10.04.2025)

16. Нагорний С., Чалий О., Криворучко Ю., Косенко С. Методика розрахунку раціонів з використанням квадрату Пірсона для багатоконпонентних кормових сумішей. *Аграрний вісник Причорномор'я / Одес. держ. аграр. ун-т. Одеса*, 2024. Вип. 113. С. 75–87. DOI:10.37 000/abbsl.2024.113.13

17. Ковбасюк П. Технологія заготівлі якісного високопоживного силосу. Пропозиція. 2009. URL:https://salo.li/F15Fd3c (дата звернення: 10.04.2025).

18. Mullan W.M.A. Pearson square calculator. URL:https://www.dairyscience.info/new calculators/pearson.asp (date of application: 11.04.2025).

19. Pearson's Square & Mass Balancing Methods of Standardization. *Dairy Pulse*. 2024. URL:https://salo.li/583e161 (date of application: 08.04.2025).

20. Mathews M. Using Pearson's Square. URL:https://salo.li/1D90525 (date of application: 08.04.2025).

REFERENCES

1. Peshuk, L.V. (2006). Kharakterystyka moloka kobyly ta kumysu [Characteristics of kobil ta kumisu milk]. *Molochna sprava [Dairy business]*, no. 5, pp. 30–31. Available at: http://surl.li/kpoeo (date of application: 11.04.2025). (In Ukrainian).

2. Baibokonov, D., Yang, Y., Tang, Y., Hosain Md, S. (2021). Understanding the traditional mares' milk industry's transformation into a creative industry: Empirical evidence from Kazakhstan. *Growth and Change*. Vol. 52 (2), pp. 605–1196. DOI:10.1111/grow.12478

3. Czyżak-Runowska, G., Wójtowski, J., Stanisławski, D. (2021). Mare's Milk from a Small Polish Specialized Farm—Basic Chemical Composition, Fatty Acid Profile, and Healthy Lipid Indices. *Animals*. Vol. 11 (6), 1590 p. DOI:10.3390/ani11061590

4. Jastrzębska, E., Wadas, E., Daszkiewicz, T., Pietrzak-Fiećko, R. (2017). Nutritional value and health-promoting properties of mare's milk – a review. *Czech J. Anim. Sci.*, Vol. 62, pp. 511–518. DOI:10.17221/61/2016-CJAS

5. Nahorny, S.A., Kosenko, S.Yu. (2023). Tehnologija utrymannja statevo-vikovyh grup konej kumysnoi' fermy i doi'nnja kobyly [Technology of keeping sex-age groups of horses of a koumiss farm and milking mares]. *Biointensyvni ta SMART-tehnologii' u tvarynnictvi: materialy II mizhnar. nauk.-prakt.ї' konf. NPP ta molodyh naukvciv [Biointen-*

sive and SMART technologies in animal husbandry: materials of the II international scientific-practical conference of scientists and young scientists]. Odesa, pp. 65–68. (In Ukrainian).

6. Fantuz, F., Salimei, E., Papademas, P. (2016). Macro- and Micronutrients in Non-cow Milk and Products and Their Impact on Human Health (Chapter 9). In Fantuz, F., Salimei, E., Papademas, P. Non-Bovine Milk and Milk Products, pp. 209–261. DOI:10.1016/C2014-0-04073-7

7. Li, Q., Zhang, C., Xilin, T., Ji, M., Men, X., Zhao, Y., Siqin, B., Na, Z., Li, M. (2022). Effects of Koumiss on Intestinal Immune Modulation in Immunosuppressed Rats. *Frontiers in Nutrition*, Vol. 9. DOI:10.3389/fnut.2022.765499

8. Barreto, I.M.L.G., Rangel, A.H.N., Urbano, S.A., Bezerra, J.S., Oliveira, C.A.A. (2019). Equine milk and its potential use in the human diet. *Food Sci. Technol.* Vol. 39 (1), pp. 1–7. DOI:10.1590/fst.11218

9. DSTU 8080:2015 Kumys. Tehnichni umovy. Chynnyj vid 01.01.2017. [DSTU 8080:2015 Kumys. Technical conditions. Effective from 01.01.2017.]. Available at: <https://salo.li/8DEF1ea> (In Ukrainian).

10. Pabat, V.O., Honcharenko, I.V. (2019). *Tehnologija vyrobnyctva ta pererobky moloka kobyli: prakt. posib.* [Technology of production and processing of mare's milk: practical manual]. Kyiv: Lira-K, 190 p. (In Ukrainian).

11. Kiladi, M., Cain, J. (2024). Karl Pearson's (1857–1936) patterns of publishing. *Notes Rec.*, Vol. 79, pp. 217–230. DOI:10.1098/rsnr.2024.0022

12. Ward, S.H. (2010). Simple Ration Formulation: Pearson's Square. Extension Service of Mississippi State University. Publication. 2632. Available at: <https://salo.li/2D1b35a> (date of application: 11.04.2025)

13. Ration Formulation using the «Pearson Square». *Managing Livestock in Dry Times*. Available at: <https://salo.li/62E5f18> (date of application: 11.04.2025)

14. Wagner, J., Stanton, T.L. Rations calculation using Pearson's square – 1.618. Colorado State University. Available at: <https://salo.li/A1A7EB2> (date of application: 11.04.2025)

15. Mavromichalis, I. (2020). Formulating feed using the Pearson Square method. *Feed Strategy*. Available at: <https://salo.li/CFdB12d> (date of application: 10.04.2025)

16. Nahorny, S., Chalyi, O., Kryvoruchko, Yu., Kosenko, S. (2024). *Metodyka rozrakhunku ratsioniv z vykorystanniam kvadratu Pirsona dlia bahatokomponentnykh kormovykh sumishei* [Methods of calculating rations using Pearson's square for multicomponent feed mixtures]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria / Odes. derzh. agrar. un-t.* [Agrarian bulletin of the Black Sea littoral / Odessa State Agrarian Uni-

versity]. Odesa, Issue 113, pp. 75–87. DOI:10.37000/abbsl.2024.113.13 (In Ukrainian).

17. Kovbasiuk, P. (2009). *Tekhnolohiia zahotivli yakisnoho vysokopozhyvnoho sylosu* [Technology for harvesting high-quality, highly nutritious silage]. *Propozytsii* [Offer]. Available at: <https://salo.li/F15Fd3c> (date of application: 10.04.2025). (In Ukrainian).

18. Mullan, W.M.A. (2008). Pearson square calculator. Available at: <https://www.dairy science.info/newcalculators/pearson.asp> (date of application: 11.04.2025)

19. Pearson's Square & Mass Balancing Methods of Standardization. (2024). *Dury Pulse*. Available at: <https://salo.li/583e161> (date of application: 08.04.2025)

20. Mathews, M. Using Pearson's Square. Available at: <https://salo.li/1D90525> (date of application: 08.04.2025)

Improvement of the technological calculations in dairy industry based on the “Pearson square” method

Nahorny S., Chalyi O., Kryvoruchko Yu., Sklyarenko O., Kosenko S., Slynko V.

Dairy horse breeding in Ukraine is not a major source of milk and dairy products, although its nutritional and therapeutic effects on the human body have been known since ancient times. The main product made from mare's milk is koumiss - an alcoholic-lactic drink, which, due to its chemical composition, has a positive effect on the human body. The technological process of preparing koumiss consists in mixing a working starter with freshly milked mare's milk, which requires a fairly clear dosage of these components by acidity and temperature, with subsequent mixing, cooling and corking of the finished mixture, therefore the purpose of this work was to test existing methods for calculating the mixed components by acidity using the technological square method and develop new ones using the Pearson square method. It has been established that when using the technological square method, the initial data are arranged horizontally and, when calculating the difference in acidity between milk and starter, taking into account the planned acidity of the mixture, the smaller value is subtracted from the larger value, and the calculations are carried out in different directions, as a result, a proportion appears, divided by a vertical line, when calculating which we will obtain the amount of starter of a certain acidity that should be added to the mare's milk. Using this method, and considering the results obtained in general form, we obtained both a formula for determining the required amount of starter culture that must be added to a certain amount of milk, depending on their acidity, to obtain a mixture of the

planned acidity, and an explanation of the existing formula for determining the temperature to which milk should be heated, and also derived formulas for calculating the ratio of the amount of milk and starter culture, depending on their initial acidity and temperature, to the planned acidity and temperature of the mixture in the production of koumiss to sim-

plify calculations. Verification of the derived formulas confirmed their workability; therefore, they can be proposed and recommended for use in farms not only for koumiss production but also at dairy industry enterprises.

Keywords: starter culture, mare's milk, koumiss, acidity, temperature, Pearson's square.



Copyright: Нагорний С.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Нагорний С.А.

<https://orcid.org/0000-0001-7870-2342>

Чалий О.І.

<https://orcid.org/0000-0001-6159-9908>

Криворучко Ю.І.

<https://orcid.org/0000-0002-8542-8297>

Скляренко О.В.

<https://orcid.org/0000-0003-2541-400X>

Косенко С.Ю.

<https://orcid.org/0000-0002-2946-6010>

Слинько В.Г.

<https://orcid.org/0000-0002-1673-5840>